



UNIUNEA EUROPEANĂ



Instrumente Structurale  
2014-2020



**OFERTĂ DE EXPERTIZĂ ȘI REZULTATE ÎN DOMENIUL  
SOLUȚIILOR INOVATIVE DE SISTEME INTELIGENTE  
DESTINATE CREȘTERII EFICIENȚEI ENERGETICE**

## PROIECT POC-A1- A1.2.3 –G-2015, Nr. 76/08.09.2016

*“Parteneriate pentru transfer de cunoștințe, cercetare tehnologică și aplicată pentru soluții inovative de sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice - PACETSINEFEN”*

### REZULTATE PRECONIZATE

- R1. Ofertă de expertiză și rezultate în domeniul soluțiilor inovative de sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice;
- R2. Instruire în domeniile consiliere pentru obținerea, protejarea și comercializarea drepturilor de proprietate industrială, respectiv consiliere pentru acces la diverse surse de finanțare a CDI (participanți din întreprinderi);
- R3. Identificarea direcțiilor de valorificare a expertizei în domeniul soluțiilor inovative de sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice;
- R4. Identificarea de noi beneficiari ai transferului de cunoștințe în domeniul soluțiilor inovative de sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice;
- R5. Instruire în utilizarea sistemului dSPACE 1104 și configurarea unei structuri de cercetare și prototipare pentru sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice;
- R6. Cel puțin trei acorduri de cercetare-dezvoltare și de sprijinire a inovării, în domeniul soluțiilor inovative de sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice, prin cercetare contractuală executată în colaborare/la cererea întreprinderilor.

### I. ECHIPA DE IMPLEMENTARE

#### 1. Prof. dr. ing. MIHAELA POPESCU

Funcția în cadrul proiectului: **Director de proiect**



#### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Calitatea energiei electrice; Regim nesinusoidal; Filtre active de putere; Convertoare statice performante; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Filtre active de putere; Convertoare statice dedicate (încălzire prin inducție, acționări electrice); Sisteme de filtrare și regenerare; Algoritmi de conducere pentru sisteme dedicate bazate pe electronică de putere.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-8; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-49; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale (IDB) relevante-91; proiecte de cercetare multianuale în calitate de director/responsabil-5; proiecte de cercetare membru-20; brevete de invenție-3; citări ale rezultatelor publicate-104 ISI, 171 IDB.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Sistem de încălzire prin inducție cu eficiență energetică ridicată (2013); Sistem de filtrare activă și regenerare pentru substații active de tracțiune în c.c. (2016).

## 2. Prof. dr. ing. ALEXANDRU BITOLEANU

Funcția în cadrul proiectului: **Responsabil științific**



### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Regim nesinusoidal; Filtrare activă; Convertoare sta-tice performante; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Filtre active de putere; Convertoare statice dedicate (încălzire prin inducție, acționări electrice); Sisteme de filtrare și regenerare; Algoritmi de conducere pentru sisteme dedicate bazate pe electronică de putere.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-8; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-49; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)- 75; proiecte de cercetare în calitate de director/responsabil-20; proiecte de cercetare membru-10; brevete de invenție-4; citări ale rezultatelor publicate-88 ISI, 160 IDB.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Sistem de acționare cu motor asincron și inverter de curent condus cu calculator de proces (1989); Sistem de filtrare activă de generația a 3-a (2009); Sistem pentru încălzire prin inducție cu eficiență energetică ridicată (2014).

## 3. Prof. dr. ing. MIRCEA DOBRICEANU

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Traductoare și achiziții de date; Sisteme cu micropro-cesoare; Instrumentație virtuală - LabVIEW; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Tehnici de inteligență artificială pentru monitorizarea calității energiei electrice, supravegherea și controlul unei stații de transformare; Sistem de monitorizare, protecție și control la distanță, în tehnologie wireless, pentru motoare electrice de joasa tensiune.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-4; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-20; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)-35; proiecte de cercetare în calitate de director/responsabil-3; proiecte de cercetare membru-10; citări ale rezultatelor publicate-21 BDI.

<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Structură de achiziție și monitorizare în sistemele de acționare electrică (2003); Sistem de control și evaluare a nivelului de emisii în transporturi (2005).
---	--

#### 4. Prof. dr. ing. DAN POPESCU

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



#### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Ingineria reglării automate; Control robust; Control predictiv; Sisteme cu întârzieri; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Conducerea robustă și adaptivă a proceselor industriale; Comanda numerică și hibridă pentru acționări electrice; Instrumente software pentru modelare, simulare și control.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	Cărți-7; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-30; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)-80; proiecte de cercetare în calitate de director/responsabil-9; proiecte de cercetare membru-45; citări ale rezultatelor publicate-100 ISI și cărți, 70 IDB.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Sisteme de achiziție, memorare și redare pe osciloscop a mărimilor analogice (1990); Sistem de conducere robustă a unui braț flexibil de robot (2005); Platforme experimentale pentru controlul predictiv și hibrid (2014).

#### 5. Prof. dr. ing. DAN SELIȘTEANU

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



#### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Ingineria reglării automate; Instrumentație virtuală și achiziții de date; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Tehnici de control adaptiv pentru roboți și motoare electrice; Sisteme de monitorizare și control pentru procese electrice și biotehnologice; Instrumente software pentru modelare, simulare și control.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	Cărți-7; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-50; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (BDI)-80; proiecte de cercetare în calitate de director/responsabil-5; proiecte de cercetare membru-30; citări ale rezultatelor publicate-120 ISI, 100 BDI.

<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Platforme experimentale de achiziția datelor și control cu echipamente National Instr. (2009); Modele de laborator ale unor bioprocese (2015); Sistem automat de captare și distribuție a apei la fabrica de ulei OLPO Podari (2002).
---	---

#### 6. Ș.I. dr. ing. Gheorghe-Eugen SUBȚIRELU

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



#### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Sisteme de măsură integrate; Sisteme de achiziție de date; Senzori si sisteme senzoriale; Electronică analogică si digitală; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Filtre active de mica putere cu AO; Sisteme de încălzire prin inducție.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-2; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-11; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)-20; proiecte de cercetare membru-8; citări ale rezultatelor publicate-5 ISI.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Dispozitiv automat de limitare a mersului în gol (1986); Display de mari dimensiuni pentru afișarea datelor (2004); Sistem de măsurare folosit la încercarea motoarelor electrice (2008); Sistem pentru încălzire prin inducție cu eficiență energetică ridicată (2014).

#### 7. Ș.I. dr. ing. Mihăiță Lincă

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



#### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Convertoare statice performante; Sisteme de acționare electrică.</b>
Cercetare industrială:	<b>Convertoare statice dedicate (încălzire prin inducție, acționări electrice); Sisteme de filtrare și regenerare.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-2; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-10; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)-30; proiecte de cercetare membru-9; citări ale rezultatelor publicate-1 ISI, 64 IDB.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Sistem de filtrare activă de generația a 3-a (2009).

## 8. Ș.I. dr. ing. Constantin Vlad SURU

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Regim nesinusoidal; Filtrare activă.</b>
Cercetare industrială:	<b>Filtre active de putere; Convertoare statice dedicate (încălzire prin inducție, acționări electrice); Sisteme de filtrare și regenerare.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-1; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-14; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)-24; proiecte de cercetare membru-6; brevete de invenție-1; citări ale rezultatelor publicate-1 ISI, 101 BDI.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Sistem de filtrare activă de generația a 3-a (2009); Sistem de filtrare activă și regenerare a energiei de frânare pentru substații de tracțiune (2016).

## 9. As. dr. ing. Cristina Alexandra Preda

Funcția în cadrul proiectului: **Cercetător**



### DOMENII DE EXPERTIZĂ

Cercetare fundamentală:	<b>Convertoare statice performante; Filtrare activă.</b>
Cercetare industrială:	<b>Convertoare statice dedicate (încălzire prin inducție, acționări electrice); Sisteme de filtrare și regenerare.</b>
<b>PUBLICAȚII:</b>	cărți-1; articole în reviste/volume de lucrări indexate ISI-7; articole în reviste/volume de lucrări indexate în baze de date internaționale relevante (IDB)-17; proiecte de cercetare membru-3; citări ale rezultatelor publicate-2 IDB.
<b>REZULTATE TEHNICE: (Modele de laborator)</b>	Sistem de comandă a filtrelor active de putere bazat pe metoda Puterilor Conservative (2012).

## II. INFRASTRUCTURA DE CERCETARE

### II.1. LABORATOARE

1. Laboratorul de tehnici și procese inovative în filtrarea activă și sisteme de electronică de putere eficiente energetic din cadrul Infrastructurii de Cercetare în Științe Aplicate (INCESA), 40 mp.
2. Laboratorul de Acționări electrice și Electronică de putere, corpul E, 100 mp.

### II.2. ECHIPAMENTE

- 1. Sistem integrat cu DSP pentru comandă, monitorizare și diagnoză în electronică de putere aplicată în filtrarea activă și acționări electrice eficiente energetic, format din:**
  - A. Calculator industrial portabil i7;
  - B. Sursă trifazată de tensiune nesinusoidală;
  - C. DS1104 R&D Controller Board;
  - D. Redresor trifazat PWM;
  - E. Filtru activ de putere paralel 15 kVA;
  - F. Sarcină trifazată neliniară inductivă.
- 2. Sistem pentru analiza și diagnoza convertoarelor rezonante și PWM, format din:**
  - A. Calculator industrial i7;
  - B. Osciloscop pentru semnale mixte Tektronix MSO4104B-L;
  - C. DS1104 PowerPC PPC750GX / 1 GHz controller board;
  - D. Invertor trifazat rezonant sursă de tensiune;
  - E. Sarcină rezonantă paralel LC pentru încălzirea prin inducție;
  - F. Aparatură de măsură de precizie pentru regim nesinusoidal și înaltă frecvență.
- 3. Sistem de filtrare și regenerare pentru substații active de tracțiune în c.c. compus din:**
  - A. Calculator industrial i5;
  - B. DS1103 R&D Controller Board;
  - C. Filtru activ de putere paralel 30 kVA cu circuite de interfață specifice;
  - D. Stand experimental 6,2 kVA.

## III. DOMENII DE EXPERTIZĂ

1. Creșterea eficienței energetice, la consumator și în rețelele de transport și distribuție, prin filtrare activă, utilizând filtre active performante;
2. Echipamente de conversie a energiei electrice cu eficiență energetică ridicată, bazate pe electronică de putere, cu aplicații la încălzirea prin inducție;
3. Sisteme statice, bazate pe electronică de putere, pentru recuperarea energiei cinetice de frânare a vehiculelor alimentate cu energie electrică;
4. Sisteme statice performante, bazate pe electronica de putere, pentru conectarea la rețea a surselor regenerabile de energie.



### III.1. Creșterea eficienței energetice, la consumator și în rețelele de transport și distribuție, prin filtrare activă, utilizând filtre active performante

#### 1. Caracteristici model experimental

Modelul experimental este rezultatul proiectului PNCDII, nr. 21-010/14.09.2007 (în parteneriat cu S.C. INDA SRL) **Filtre active de generația 3-a**, director prof. Dr. Ing Alexandru Bitoleanu.

Calculatoare industriale i5 cu DSP dSPACE 1103 - Filtru activ - Sarcină deformată.

Date tehnice:  $S=15 \text{ kVA}$ ,  $I=25\text{A}$ ,  $U=380\text{V}$ .

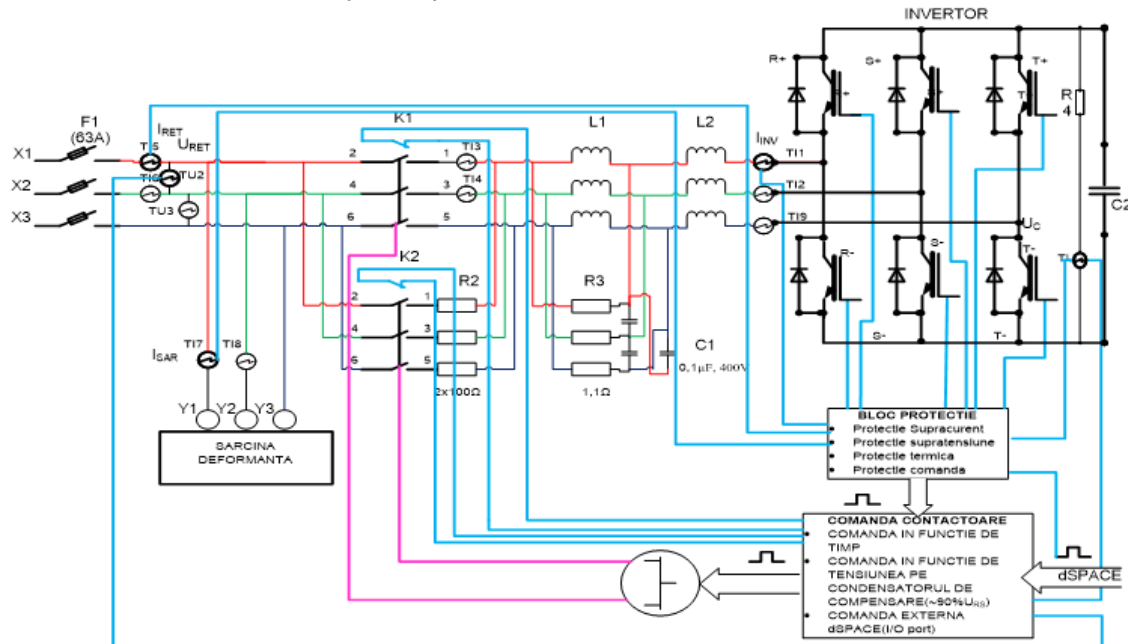


Fig. 1.1. Schema de forță cu evidențierea traductoarelor și a părții de comandă a circuitului de preîncărcare a condensatorului de compensare.

#### 2. Imagini model experimental

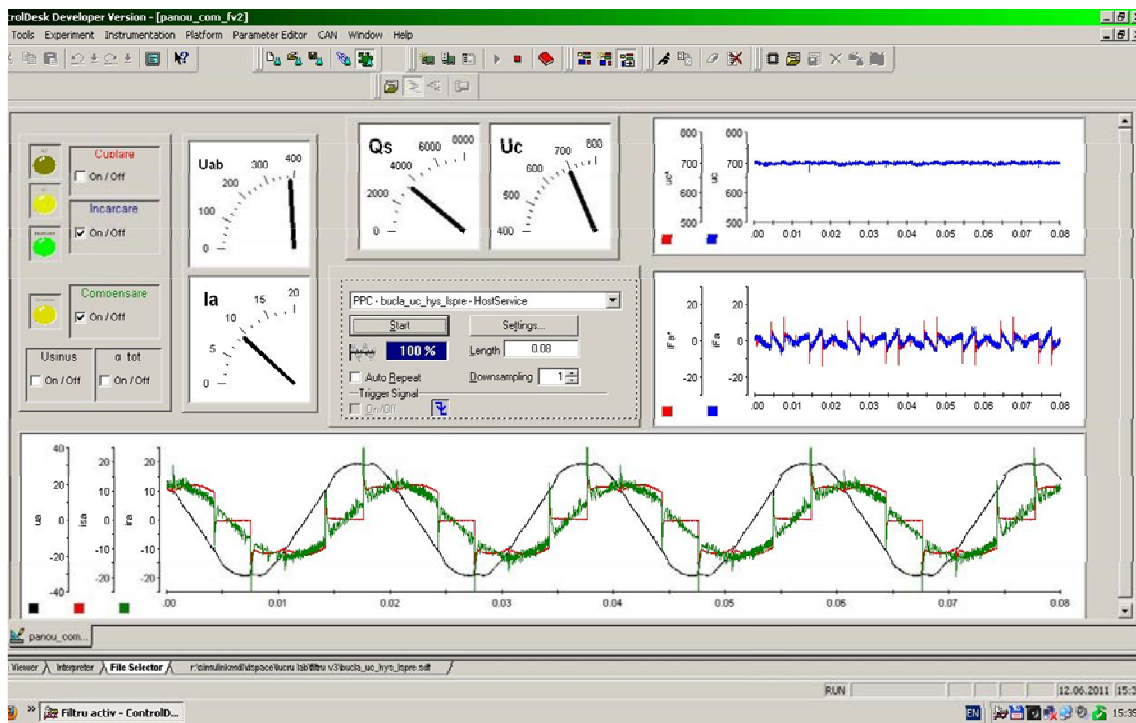


Fig. 1.2. Vedere frontală și interioară a filtrului activ paralel.





**Fig. 1.3.** Standul experimental cu evidențierea filtrului activ paralel și sarcinii deformante



**Fig. 1.4.** Interfața grafică de comandă și control

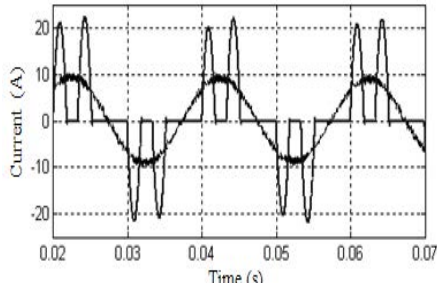
### 3. Rezultate/priorități

- a) Teorie nouă privind componentele curentului în regim nesinusoidal; b) Metodologie de calcul a curenților de referință; c) Schemă de reglare și metodologie de acordare optimală a reguletoarelor pentru controlul direct/indirect al curentului; d) Metodă și

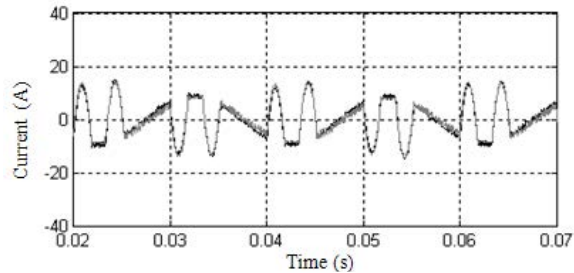
sistem pentru reglarea optimă a tensiunii pe condensatorul de compensare; e) Elaborarea unui algoritm performant de dimensionare a filtrului de interfață; f) Elaborarea unui algoritm performant de conducere și implementarea pe sistemul dSPACE 1103; g) Determinări experimentale și validarea soluțiilor adoptate (eficiența maximă a filtrării 19,78).

**Brevet de invenție:** Popescu Mihaela, Bitoleanu Alexandru, „Metodă și sistem pentru comanda filtrelor active paralel, sub tensiune nesinusoidală”, (11) 131355 A2 (51) H02J 3/01 (2006.01) (21) a 2015 00068 (22) 02/02/2015 (41) 30/08/2016//8/2016.

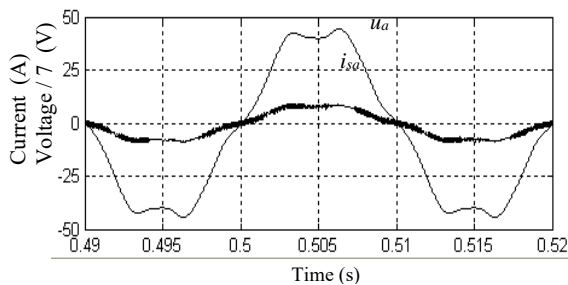
#### 4. Performanțe



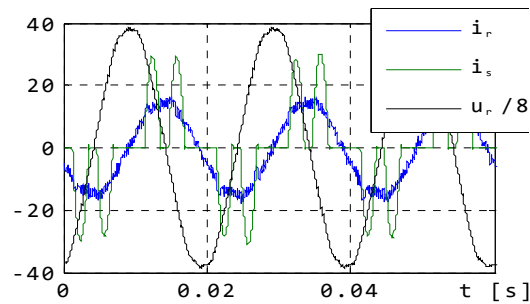
**Fig. 1.5.** Curentul de sarcină și curentul la rețea.



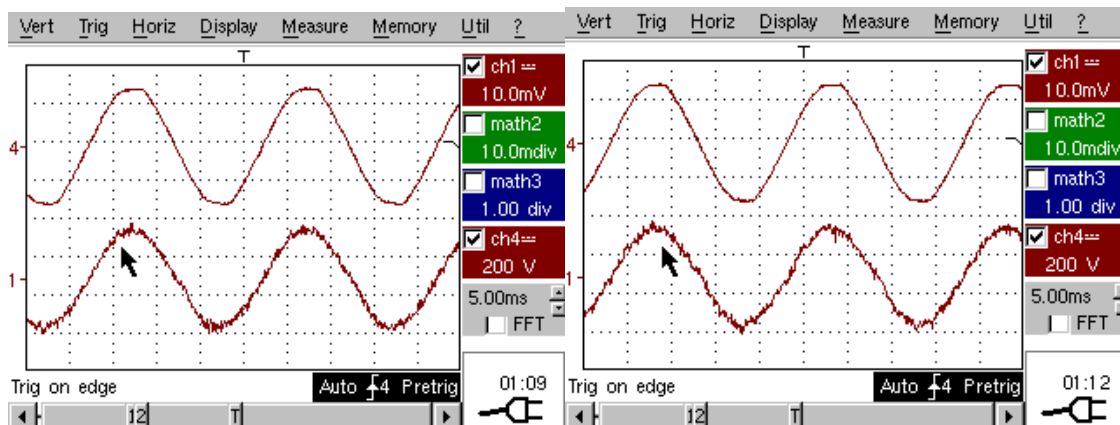
**Fig. 1.6.** Curentul prin filtrul activ.



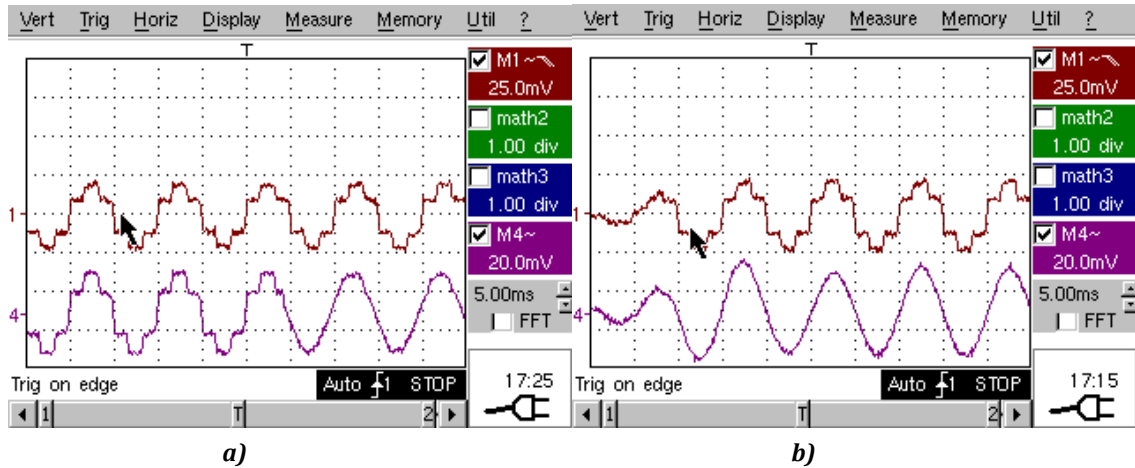
**Fig. 1.7.** Curentul și tensiunea la rețea în cazul strategiei UPF cu tensiune nesinusoidală.



**Fig. 1.8.** Curentul și tensiunea la rețea în cazul strategiei UPF cu tensiune sinusoidală.



**Fig. 1.9.** Tensiunea și curentul la rețea în cazul strategiei UPF cu tensiune neideală: controlul indirect al curentului-a); controlul direct al curentului-b).



**Fig. 1.10.** Răspunsul dinamic la conectarea filtrului în cazul strategiei UPF: a) în plină sarcină; b) simultan cu sarcina

## 5. Domenii de aplicabilitate

- În secundarele transformatoarelor de alimentare a unor procese de fabricație ce conțin sarcini deformante;
- În secundarele transformatoarelor de alimentare a clădirilor de birouri sau în punctele de conectare a acestora la rețeaua de j.t.
- În punctele de conectare ale rețelelor de medie și joasă tensiune unde curentul/tensiunea sunt deformate.

## III.2. Echipamente de conversie a energiei electrice cu eficiență energetică ridicată, bazate pe electronică de putere, cu aplicații la încălzirea prin inducție

### 1. Caracteristici model experimental

Modelul experimental este rezultatul contractului de execuție servicii de cercetare industrială și dezvoltare experimentală Nr. 258/28.12.2011, director Prof. Dr. Ing Mihaela Popescu, aferent proiectului POS CCE, O 2.1.1. „Sistem pentru încălzirea prin inducție cu eficiență energetică ridicată\_1”, beneficiar SC INDAELTRAC SRL.

Calculatoare industriale i5 cu DSP dSPACE 1103.

Sistem pentru încălzirea prin inducție cu inverter de tensiune cu rezonanță paralelă.

Date tehnice:  $S=200$  kVA,  $I=300$  A,  $U=380$  V,  $f_{sw}=(0,7-12)$  kHz.

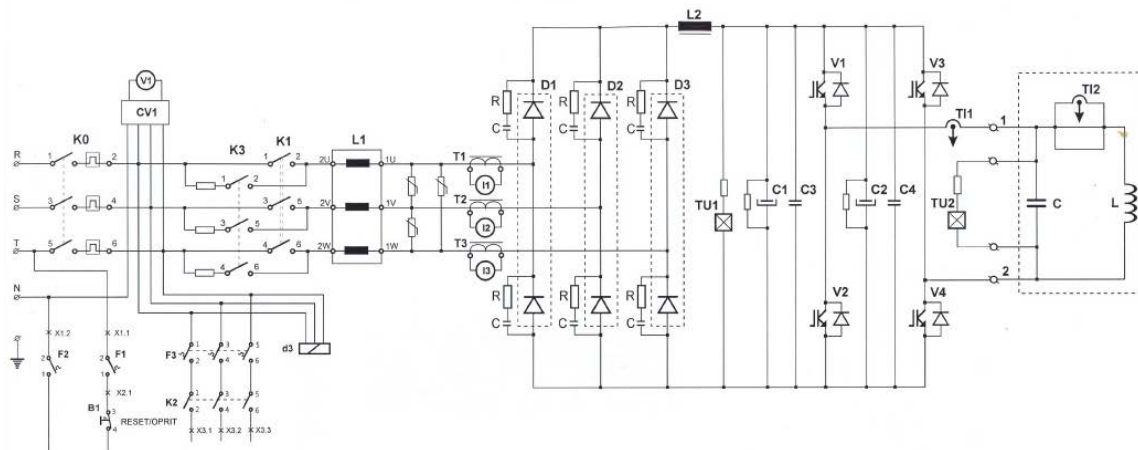
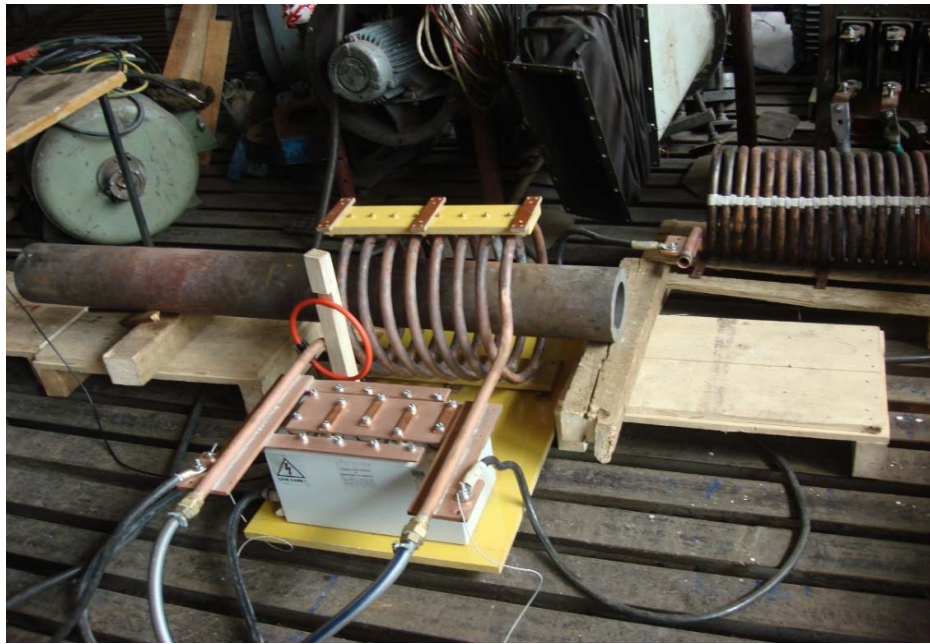


Fig. 2.1. Schema electrică a convertorului pentru încălzirea prin inducție – model experimental.

### 2. Imagini model experimental



Fig. 2.2. Vedere frontală a sistemului.



*Fig. 2.3. Inductorul, condensatorul de rezonanță și bobina de adaptare.*



*Fig. 2.4. Invertorul și calculatorul cu sistemul DSP dSPACE 1103.*



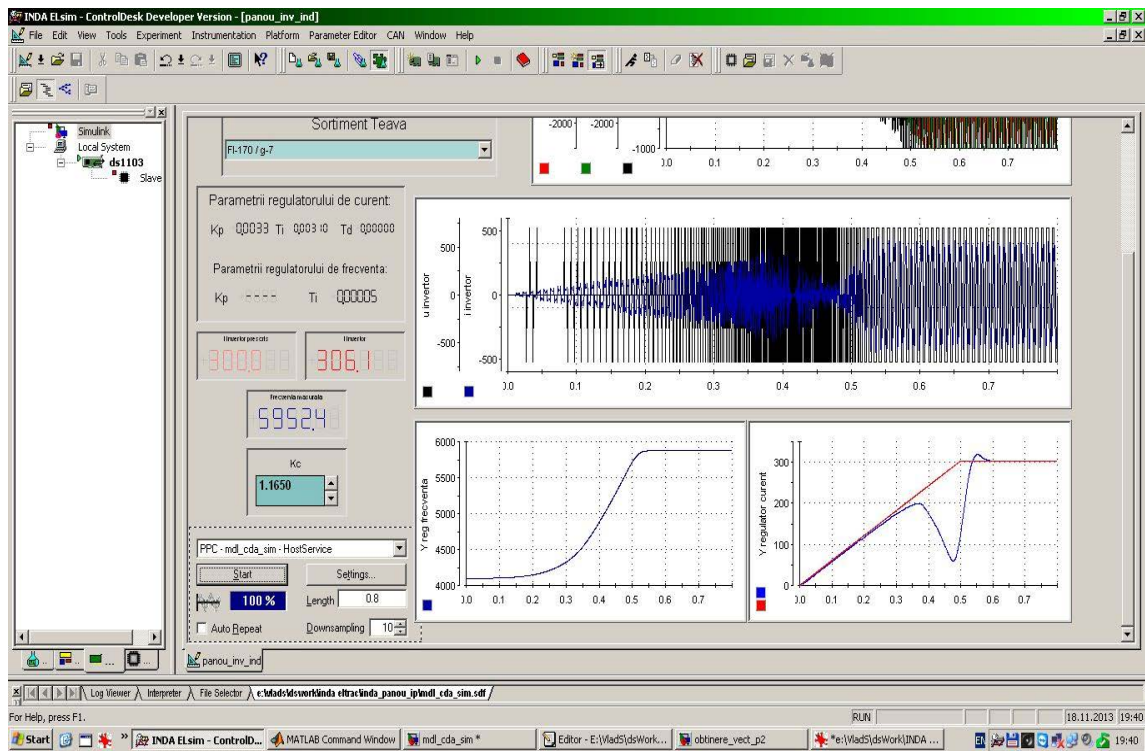


Fig. 2.5. Interfața grafică de comandă și control.

### 3. Rezultate/priorități

- a) Contribuții teoretice privind procesul de încălzire prin inducție a țevilor: a1) analiza influenței temperaturii asupra parametrilor și performanțelor energetice; a2) analiza influenței armonicilor asupra parametrilor, performanțelor energetice și frecvenței de rezonanță.
- b) Demonstrarea că, în cazul încălzirii de precizie a țevilor lungi, sistemul cu inverter de tensiune, cu tranzistoare bipolare cu baza izolată (IGBT) și rezonanță paralel are avantaje nete comparativ cu sistemul cu inverter de curent, respectiv: b1) randamentul inverterului este întotdeauna mai mare (diferența maximă de 28 procente și minimă de cca. 3 procente); b2) randamentul total și factorul de putere total sunt mai mari; b3) solicitarea în tensiune a tranzistoarelor este mai mică; b4) pierderile în tranzistoare și factorul total de distorsiune armonică a curentului prin inverter sunt mai mici.
- c) Realizarea unui studiu amplu al influenței bobinei de adaptare și fundamentarea calculului optimal al inductivității acestei bobine.
- d) Fundamentarea unei metode noi de obținere a frecvenței necesare comutației la curent nul, pe o structură de autoadaptare la frecvența de rezonanță (Brevet de invenție).
- e) Stabilirea și sinteza schemei de reglare a sistemului de încălzire prin inducție cu inverter de tensiune, care conține două bucle de reglare, practic independente. e1) O buclă autoadaptivă de reglare a frecvenței de comandă a inverterului, astfel încât aceasta să urmărească frecvența de rezonanță a circuitului echivalent. e2) O buclă pentru comanda curentului prin inductor, fie prin comanda tensiunii dată de inverter, fie prin comanda tensiunii medii date de redresor la intrarea inverterului.
- f) Determinarea celor mai bune dimensiuni ale inductorului (diametrul interior și numărul de spire), care, alimentat de la un inverter de tensiune și o bobină de adaptare date, asigură cea mai mare creștere de temperatură.

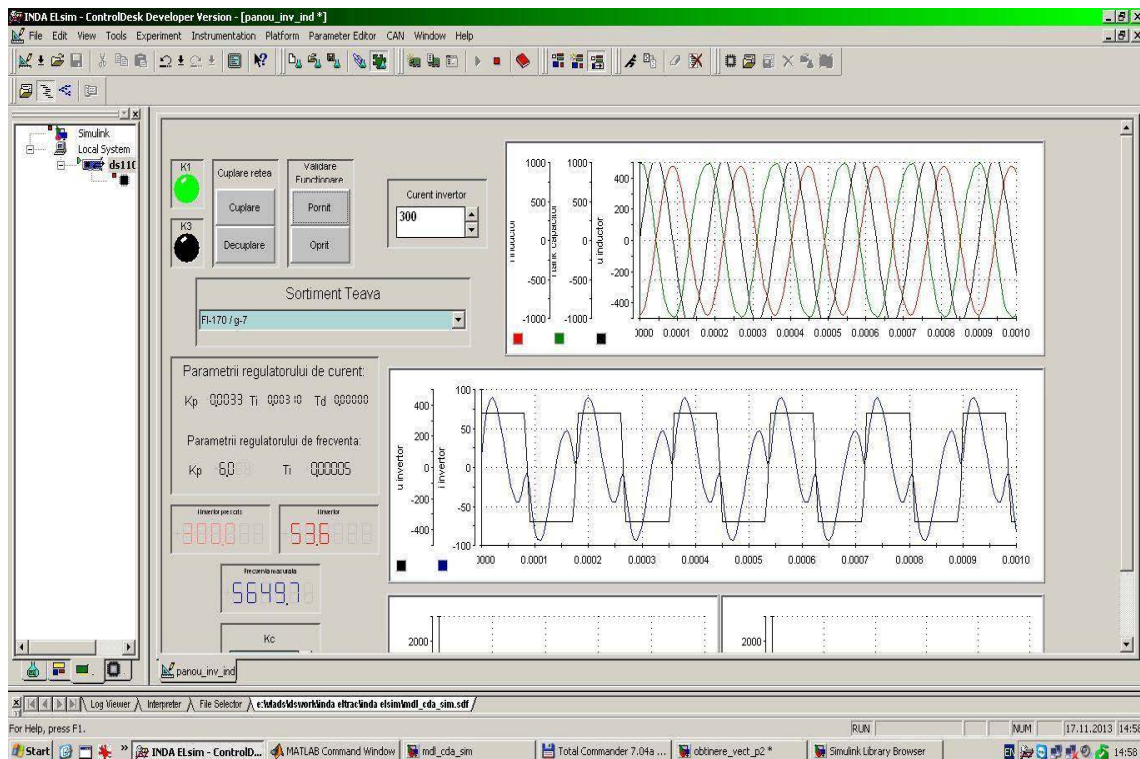
- g) Determinarea celei mai bune valori a frecvenței de comandă a invertorului.
- h) Elaborarea algoritmului de comandă și control și implementarea pe sistemul dSPACE1103 (Algoritmul conține și comanda a două contactoare implicate în conectarea convertorului și controlul încărcării condensatorului din circuitul intermediar).
- i) Configurarea structurii de experimentare și efectuarea de determinări experimentale pentru: verificarea existenței valorii optime a inductivității de adaptare; verificarea funcționării adaptive la frecvența de rezonanță a sarcinii; verificarea obținerii comutației la curent nul; verificarea funcționării buclei de reglare a curentului prin invertor; verificarea reglării puterii transmise sarcinii și prin frecvența de comandă a invertorului; determinarea randamentului sistemului convertor static-inductor-țeavă.

**Brevet de invenție:** Bitoleanu Alexandru, Popescu Mihaela, „Metodă pentru comanda invertoarelor de tensiune cu sarcină rezonantă paralel destinate încălzirii prin inducție”, Nr. 129914 A2, BOPI no.11/2014.

#### 4. Performanțe

**Tabloul 2.1.** Valorile principalelor mărimi pentru patru bobine de adaptare

Nr. spire al bobinei de adaptare	Curentul efectiv prin invertor [A]	Curentul efectiv prin inductor [A]	Curentul efectiv prin condensator [A]	Tensiunea efectivă la bornele inductorului [V]	Puterea activă transmisă inductorului [KW]
5	164	386	566	362	6
10	154	540	775	428	8,75
15	180,6	808	1154	523	13
20	230	1322	1890	670	21
25	153	418	605	376,5	6,5



**Fig. 2.6.** Formele de undă care evidențiază comutația la curent nul.



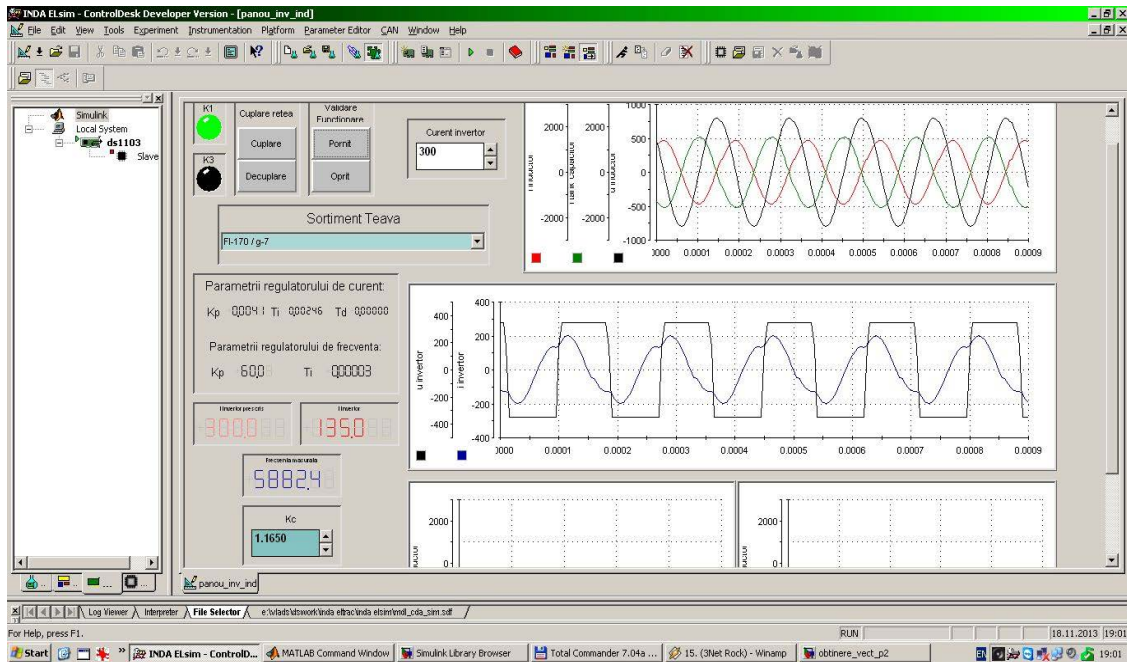


Fig. 2.7. Formele de undă ale mărimilor achiziționate sub ControlDesk, pentru frecvență de comandă sensibil mai mare decât frecvența de rezonanță.

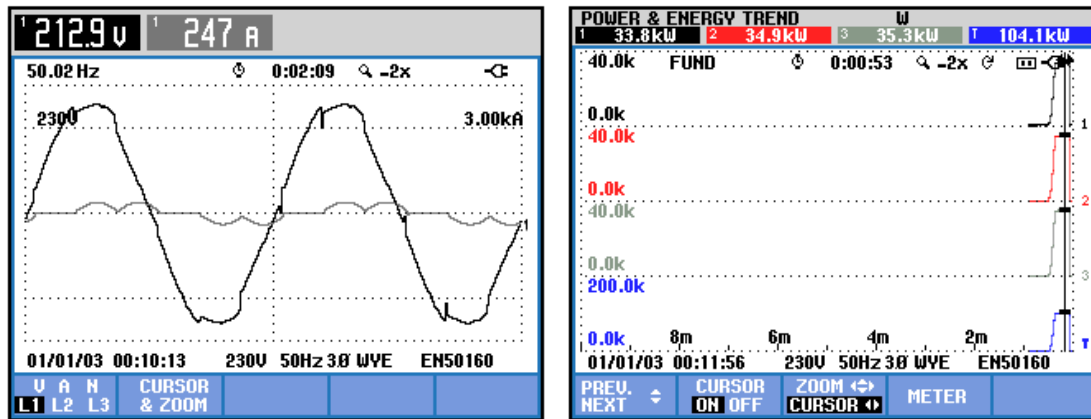


Fig. 2.8. Captura ecranului Fluke 435 cu formele de undă și puterile în secundarul transformatorului.

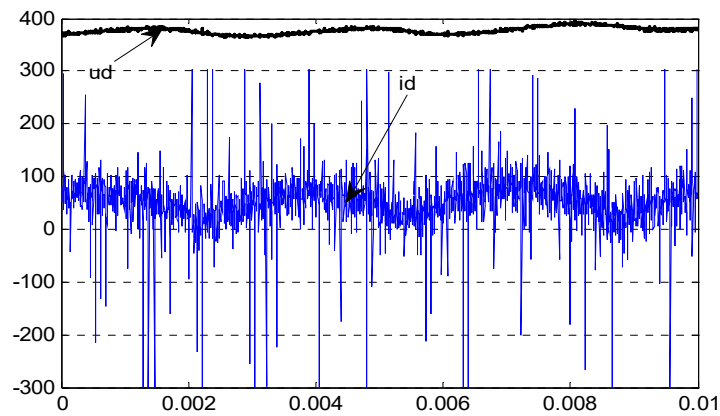
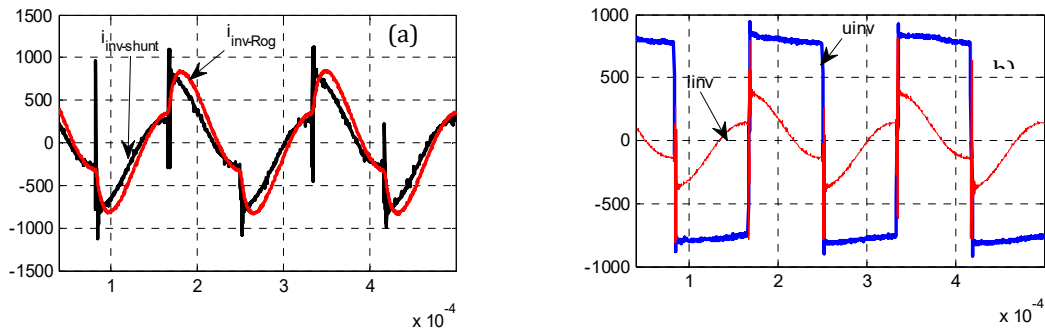


Fig. 2.9. Tensiunea și curentul din circuitul intermediar de c.c.



**Fig. 2.10.** Curentul la ieșirea invertorului cules cu șunt de curent și sondă Rogowski –(a); Tensiunea și curentul la ieșirea invertorului - (b).

**Tabelul. 2.2.** Puterile active și randamentele

Puterea în secundarul transformatorului [KW]	Puterea la ieșirea invertorului [KW]	Puterea la bornele inductorului [KW]	Randamentul invertorului	Randamentul instalației
104,1	100,5	78,5	96,5%	75,4%

## 5. Domenii de aplicabilitate

- Tratamente termice;
- Uscarea bobinajeor hidro și turbo-generatorelor;
- Uscarea transformatoarelor de măsură din stațiile de distribuție;
- Asamblarea și dezamblarea îmbinărilor prin presare.

### III.3. Sisteme statice, bazate pe electronica de putere, pentru recuperarea energiei cinetice de frânare a vehiculelor alimentate cu energie electrică

#### 1. Caracteristici model experimental

Modelul experimental este rezultatul contractului de tip parteneriate Nr. 42/2014, director Prof. Dr. Ing Mihaela Popescu, Cod proiect: PN-II-PT-PCCA-2013-4-0564 "SISTEM STATIC MULTIFUNȚIONAL DE FILTRARE ȘI REGENERARE PENTRU STAȚII ACTIVE DE TRACȚIUNE ÎN C.C." (SISFREG).

Este realizat în construcție modulară, cu posibilități de conectare între module și este proiectat și executat în vederea testării pe o structură experimentală de laborator care reproduce condițiile specifice unei substații de tracțiune în c.c.

Conducerea sistemului este realizată prin calculator industrial i5 cu DSP dSPACE 1103.

Date tehnice:  $S=30$  kVA,  $I=40$ A,  $U=380$ V,  $f_{sw}=(0,7-12)$ kHz.

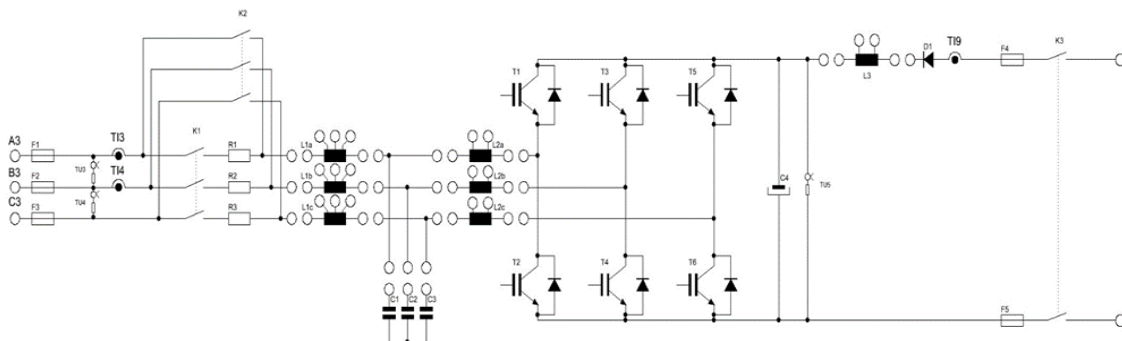


Fig. 3.1. Schema electrică de forță a modelului experimental și dispunerea bornelor de conexiuni.

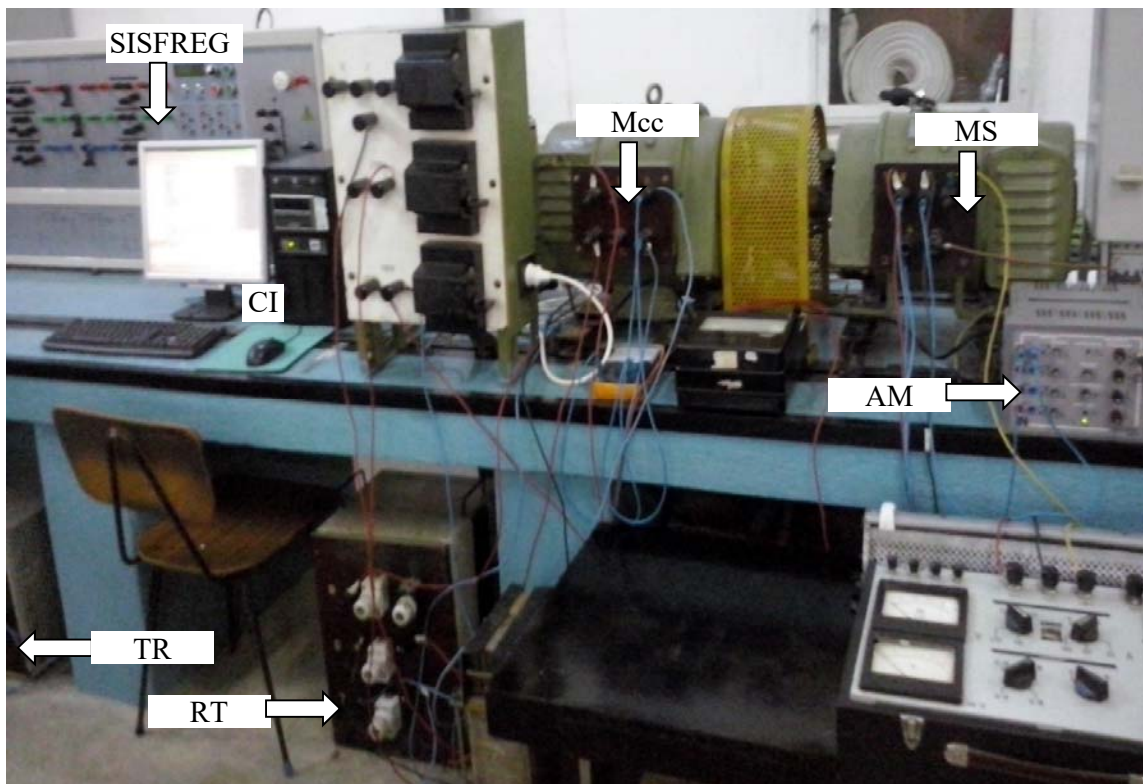
#### 2. Imagini model experimental



Fig. 3.2. Vedere frontală a sistemului.



*Fig. 3.3. Detaliu pentru conectarea SISFREG cu calculatorul.*



*Fig. 3.4. Imagine a structurii de experimentare cu evidențierea: sistemului SISFREG; transformatorului de regenerare (TR); redresorului necomandat (RT); mașinii de c.c.(Mcc); mașinii sincrone (MS); calculatorului industrial (CI) și amplificatorului de măsură cu izolare galvanică (AM).*

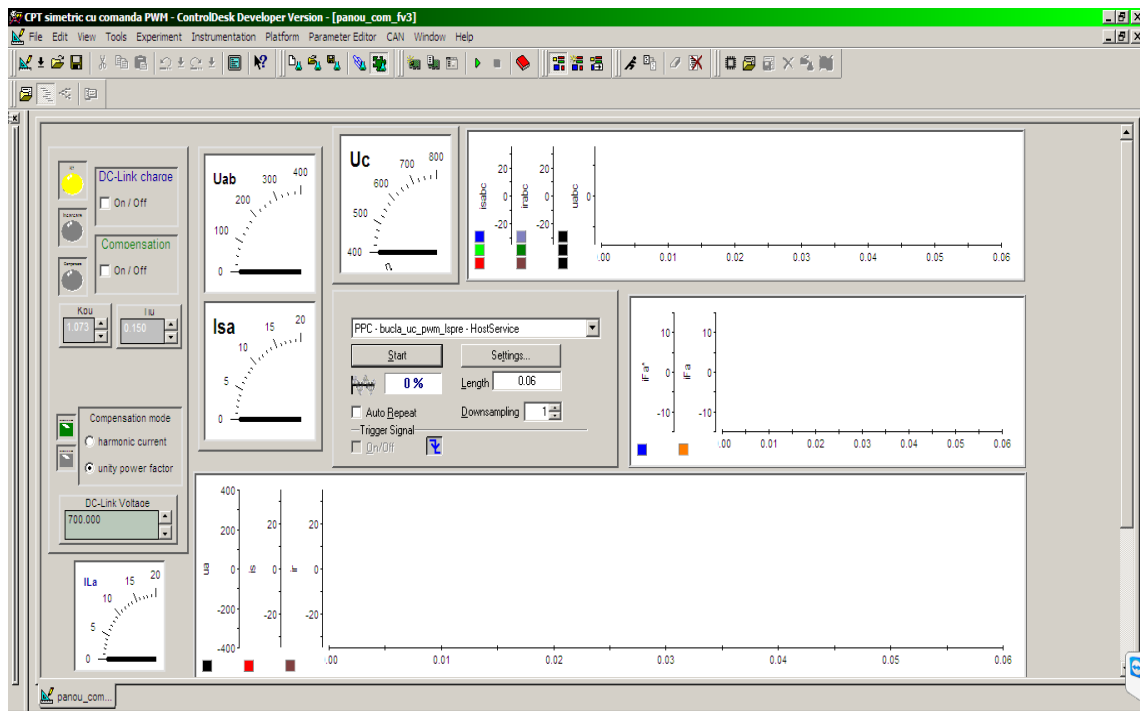


Fig. 3.5. Interfața grafică pentru testarea modelului experimental.

### 3. Rezultate/priorități

- a) Stabilirea unei structuri inovative de forță și determinarea performanțelor.
- b) Fundamentarea strategiei de comandă a sistemului de filtrare și regenerare pentru substații active de tracțiune în c.c.
- c) Elaborarea unor algoritmi de proiectare a circuitelor de interfață ale sistemului.
- d) Pe baza analizei pe model, s-au evidențiat, în detaliu, fenomenele ce au loc pe partea de c.a. a filtrului și în condensatorul de compensare, stabilindu-se relația între puterea aparentă ce trebuie compensată și puterea aparentă la bornele condensatorului.
- e) S-a evidențiat existența unei valori optime a tensiunii medii pe condensatorul de compensare pentru care factorul total de distorsiune armonică la rețea este minim.
- f) S-a fundamentat controlul indirect al curentului, ca parte integrantă a algoritmului performant de reglare a tensiunii prescrise pe condensatorul de compensare și regenerare.
- g) S-a fundamentat algoritmul pentru calcularea on-line a tensiunii prescrise în funcție de curentul ce trebuie compensat, astfel încât să se asigure și separarea de linia de c.c. în regim de filtrare.
- h) S-a proiectat și realizat interfațarea sistemului dSPACE 1103 cu partea de forță a modelului experimental.
- i) S-a proiectat și realizat structura de testare și validare a modelului experimental (stand de încercare cu recuperare de energie) și s-a fundamentat metodologia de testare.
- j) S-a adaptat interfața grafică și algoritmul de conducere prin controlul indirect al curentului la particularitățile modelului experimental și ale standului de încercare.
- k) S-au efectuat determinări experimentale complexe, în urma cărora au rezultat concluzii importante și utile, care validează în totalitate corectitudinea și calitatea cercetărilor efectuate.



l) Prelucrarea rezultatelor a permis determinarea performanțelor sistemului, care sunt în deplin acord cu cele obținute prin analiza pe modelul virtual, respectiv:

- încadrarea factorului de distorsiune armonică a curentului în limitele impuse, atât în regim de filtrare, cât și în regim de regenerare;
- randamentul de regenerare are valoarea de cca. 80%, în acord cu puterea regenerată (6,3kW);
- se apreciază că, la putere de ordinul 2MW, randamentul va fi de peste 90%, așa cum s-a obținut pe modelul virtual.

**Brevet de invenție:** Bitoleanu Alexandru, Popescu Mihaela, Suru Constantin Vlad, „Sistem de filtrare și regenerare pentru substații de tracțiune în curent continuu”, (11) 131356 A2 (51) H02J 3/01 (2006.01); H02J 3/18 (2006.01); (21) a 2015 00069 (22) 02/02/2015 (41) 30/08/2016// 8/2016 (71).

#### 4. Performanțe

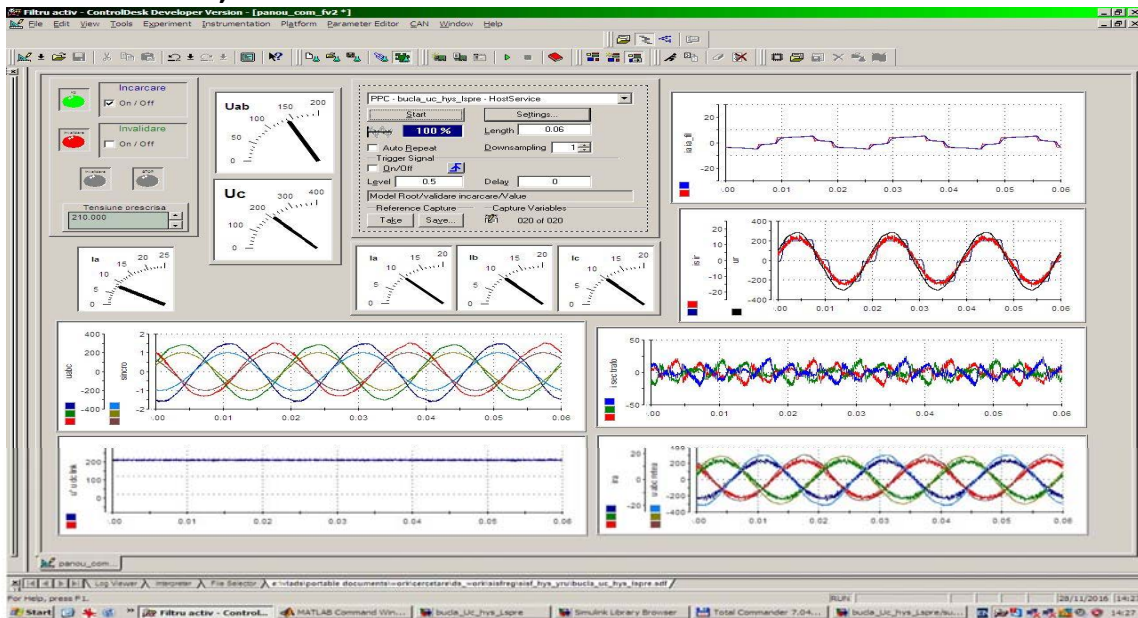


Fig. 3.6. Panoul virtual de comandă a sistemului experimental de filtrare și regenerare pe durata filtrării.

##### 4.1. Performanțe în regim de filtrare

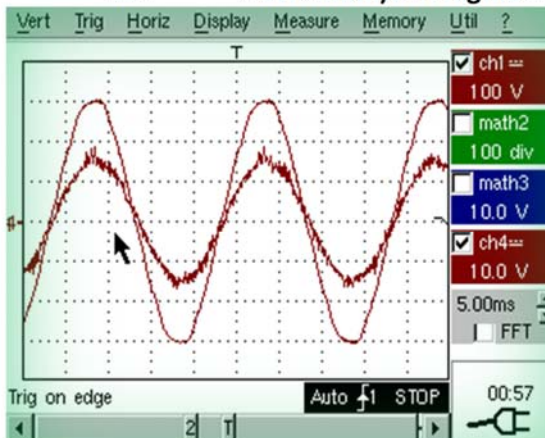


Fig. 3.7. Curentul și tensiunea la rețea, pe o fază.

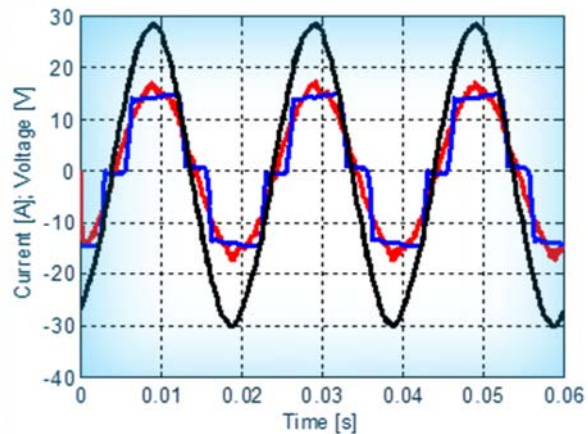


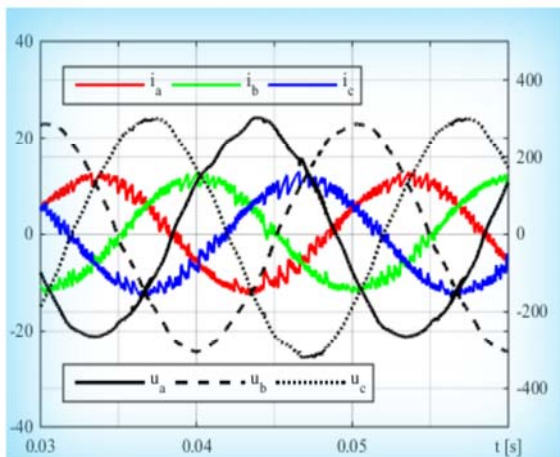
Fig. 3.8. Curenții (la rețea-roșu și de sarcină-albastru) și tensiunea la rețea.

**Tabelul 3.1.** Performanțele energetice ale procesului de filtrare.

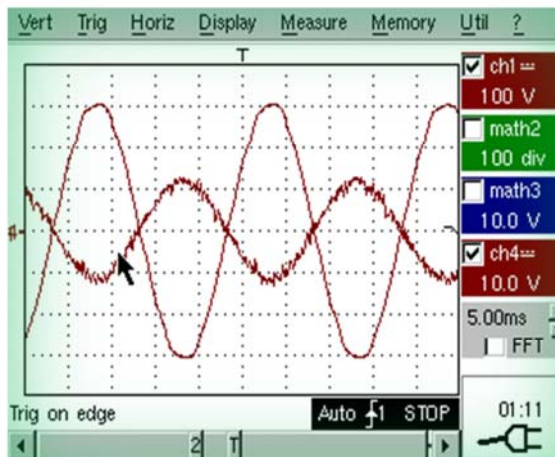
HDI <sub>R</sub> [%]	HDI <sub>L</sub> [%]	Eff	P <sub>R</sub> [kW]	P <sub>L</sub> [kW]	S <sub>R</sub> [kVA]	S <sub>L</sub> [kVA]	PF <sub>R</sub>	PF <sub>L</sub>
3,39	23,71	6,022	6,918	6,661	6,982	7,012	1	0,95

- HDI – factorul parțial de distorsiune armonică a curentului, cu considerarea primelor 51 armonici;
- Indicele "R" se referă la rețea, iar "L" la sarcină;
- Eff – eficiența filtrării;
- PF – factorul de putere.

#### 4.2. Performanțe în regim de regenerare



**Fig. 3.9.** Curenții și tensiunile la rețea.



**Fig. 3.10.** Curentul și tensiunea la rețea, pe o fază.

**Tabelul 3.2.** Performanțele energetice ale procesului de regenerare.

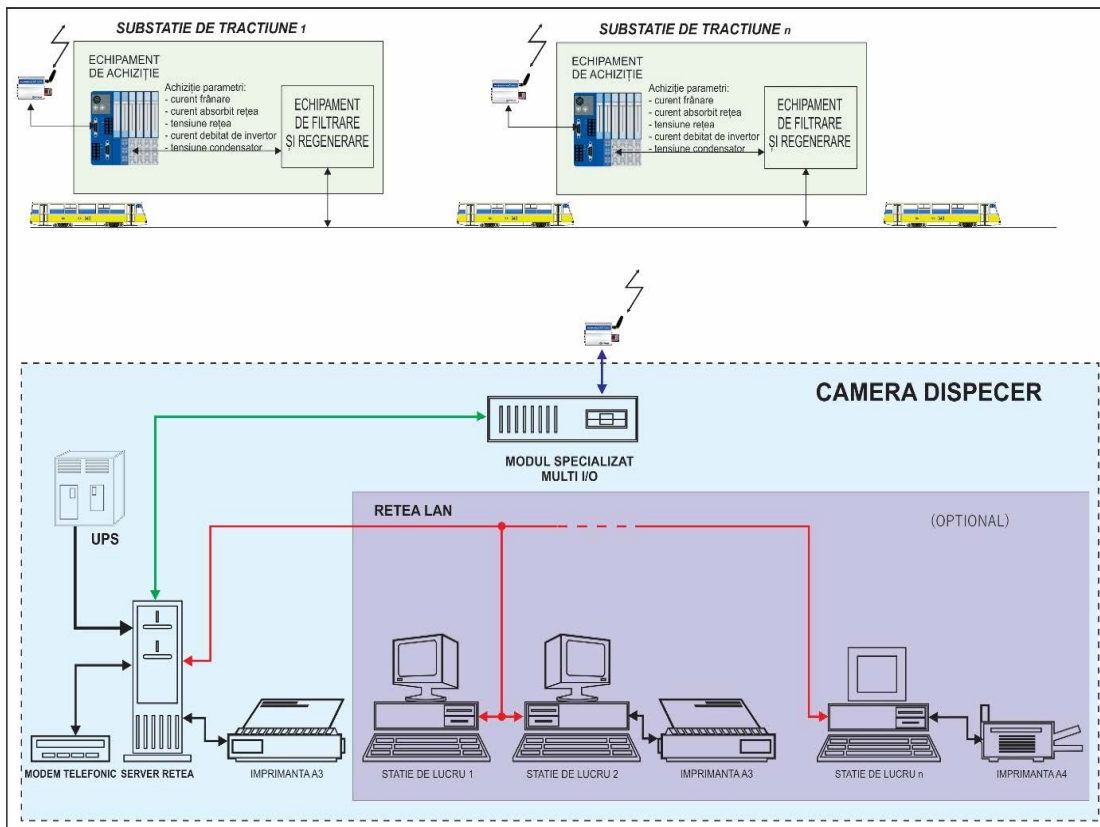
THDI <sub>R</sub> [%]	P <sub>R</sub> [kW]	P <sub>C</sub> [kW]	S <sub>R</sub> [kVA]	PF <sub>R</sub>	Rand <sub>Rec</sub>
4,48	4,993	6,322	5,02	0,9942	0,7898

- THDI<sub>R</sub> – factorul total de distorsiune armonică a curentului, la rețea;
- P<sub>C</sub> – puterea activă generată de linia de c.c.;
- Rand<sub>Rec</sub> – randamentul regenerării.

#### 4.3. Sistem de monitorizare la distanță, în tehnologie wireless, pentru substații de tracțiune

- *Scop:* conducerea operativă, prin dispecer, a substațiilor electrice de tracțiune.
- *Principiu constructiv:* arhitectură centralizată, care are la bază un centru de prelucrare centralizată a datelor (Dispecer) în care au fost amplasate sisteme de calcul într-o configurație redundantă de tip cluster (Fig. 3.11).
- *Funcții:*
  - preluarea mărimilor electrice caracteristice funcționării echipamentelor electronice pentru recuperarea energiei disponibile la frânarea vehiculelor electrice;
  - Supravegherea echipamentelor de recuperare a energiei;
  - Transmiterea datelor achiziționate din fiecare substație de tracțiune la un punct central (dispecer) în vederea analizei și prelucrării, prin intermediul unei legături Wireless realizată cu modem-uri radio GPRS.





**Fig. 3.11.** Schema bloc a sistemului de monitorizare.

De la fiecare echipament de recuperare a energiei se vor prelua următorii parametri:

- *Curentul de frânare* - curentul absorbit de echipamentul de recuperare în procesul de frânare a vehiculelor;
- *Curenții absorbiți/debitați* de către substația de tracțiune din/înspre rețeaua de alimentare;
- *Tensiunea rețelei* de alimentare a substației de tracțiune;
- *Curentul de recuperare* – curentul debitat de inverter pe circuitul intermediar;
- *Tensiunea pe condensatorul de recuperare*.

## 5. Domenii de aplicabilitate

- Substațiile de tracțiune ale sistemelor de transport cu Metrou, tramvai, troleibuz.

### III.4. Sisteme statice performante, bazate pe electronica de putere, pentru conectarea la rețea a surselor regenerabile de energie

Direcția de expertiză s-a dezvoltat din proiectul de tip parteneriate Nr. 42/2014, director Prof. Dr. Ing Mihaela Popescu, Cod proiect: PN-II-PT-PCCA-2013-4-0564 "Sistem static multifuncțional de filtrare și regenerare pentru stații active de tracțiune în c.c.", ca o aplicație adiacentă.

#### 1. Caracteristici model experimental

Modelul experimental a fost realizat în jurul unui invertor configurabil din dotarea Laboratorului de tehnici și procese inovative în filtrarea activă și sisteme de electronică de putere eficiente energetic, din cadrul Infrastructurii de Cercetare în Științe Aplicate (INCESA).

Structura experimentală de laborator reproduce condițiile specifice unor surse regenerabile de energie de tip turbină eoliană sau panouri fotovoltaice.

Conducerea sistemului este realizată prin calculator industrial portabil i7 cu DSP dSPACE 1104.

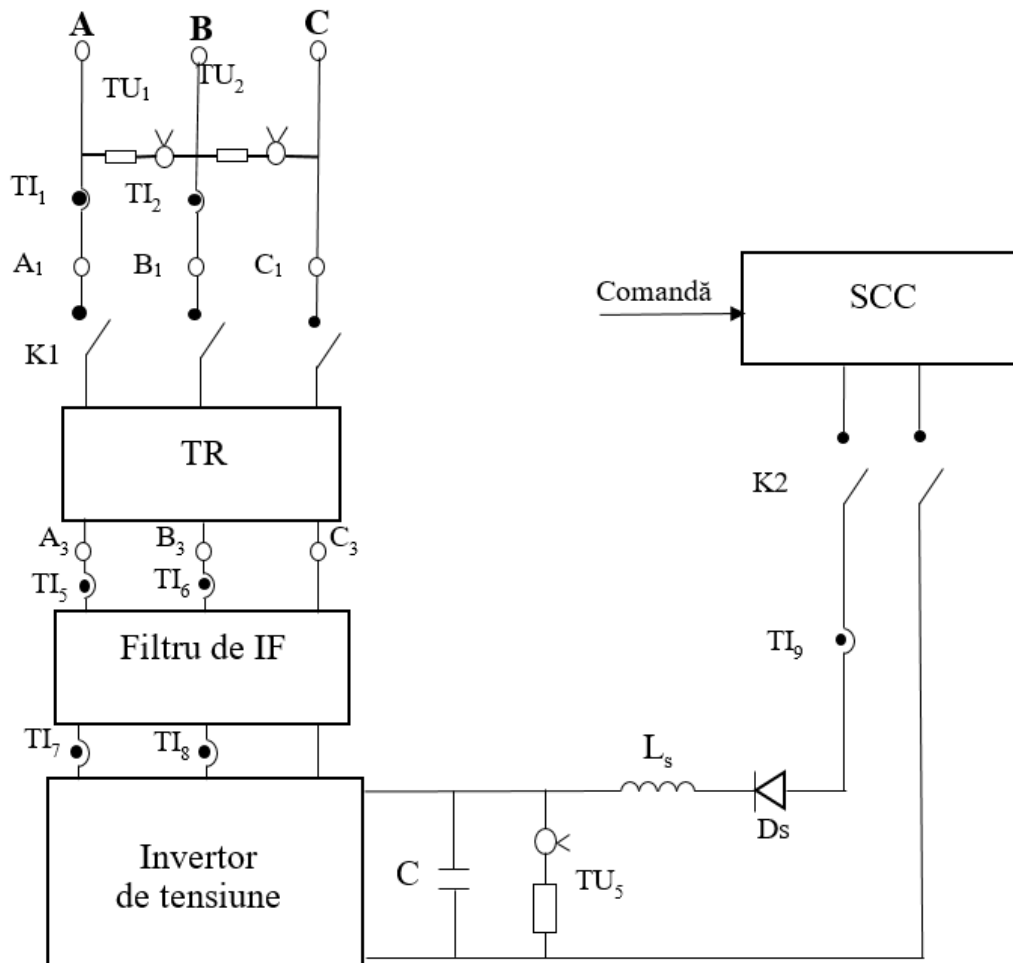


Fig. 4.1. Schema electrică de forță a modelului experimental.

Calculatorul industrial portabil este robust și are caracteristici foarte bune (i7; monitor LCD 17"; 8GB DDR3-1333 SDRAM PC3-10600; stocare: 1 x Removable HD - 2.5"; 2x 500GB SATA III 7200RM; unitate optică CD-RW/DVD-RW SuperMulti drive; placă grafică Intel Integrată; sloturi: 2x PCI 32-bits; conectori USB: 6 USB 2.0 și 2 USB 3.0; protecție la șoc și vibrații: Soc: 18G (11 ms, sine wave); Vibrații 10 - 20 Hz: 0.020, 20 - 500 Hz: 1.5G accelerație maximă).

Datele tehnice ale invertorului:  $S=30$  kVA,  $I=40$ A,  $U=380$ V,  $f_{sw}=(0,7-12)$ kHz.

## 2. Imagini model experimental



*Fig. 4.2. Vedere frontală a sistemului.*



*Fig. 4.3. Detaliu pentru conectarea cu calculatorul.*



*Fig. 4.4. Imagine a sursei comandabile de c.c. care realizează rolul de sursă regenerabilă.*

### **3. Rezultate/priorități**

- a) Fundamentarea strategiei de comandă a sistemului de regenerare.
- b) Proiectarea circuitelor de interfață ale sistemului și determinarea performanțelor acestora.
- c) Determinarea unei relații de calcul a capacității în funcție de puterea aparentă la bornele condensatorului, pornindu-se de la limitarea pulsațiilor de curent și tensiune pe condensatorul de compensare.
- d) Fundamentarea controlului indirect al curentului, ca parte integrantă a algoritmului performant de reglare a puterii regenerate.
- e) Modelarea și implementarea strategiei de comandă a sistemului de regenerare.
- f) Studiarea procesului de preîncărcare a condensatorului, fundamentarea și implementarea algoritmului de încărcare activă a acestuia.
- g) Interfațarea sistemului dSPACE 1103 cu partea de forță a modelului experimental.

**Brevet de invenție:** Bitoleanu Alexandru, Popescu Mihaela, Suru Constantin Vlad, „Sistem de filtrare și regenerare pentru substații de tracțiune în curent continuu”, (11) 131356 A2 (51) H02J 3/01 (2006.01); H02J 3/18 (2006.01); (21) a 2015 00069 (22) 02/02/2015 (41) 30/08/2016// 8/2016 (71).

## 4. Performanțe

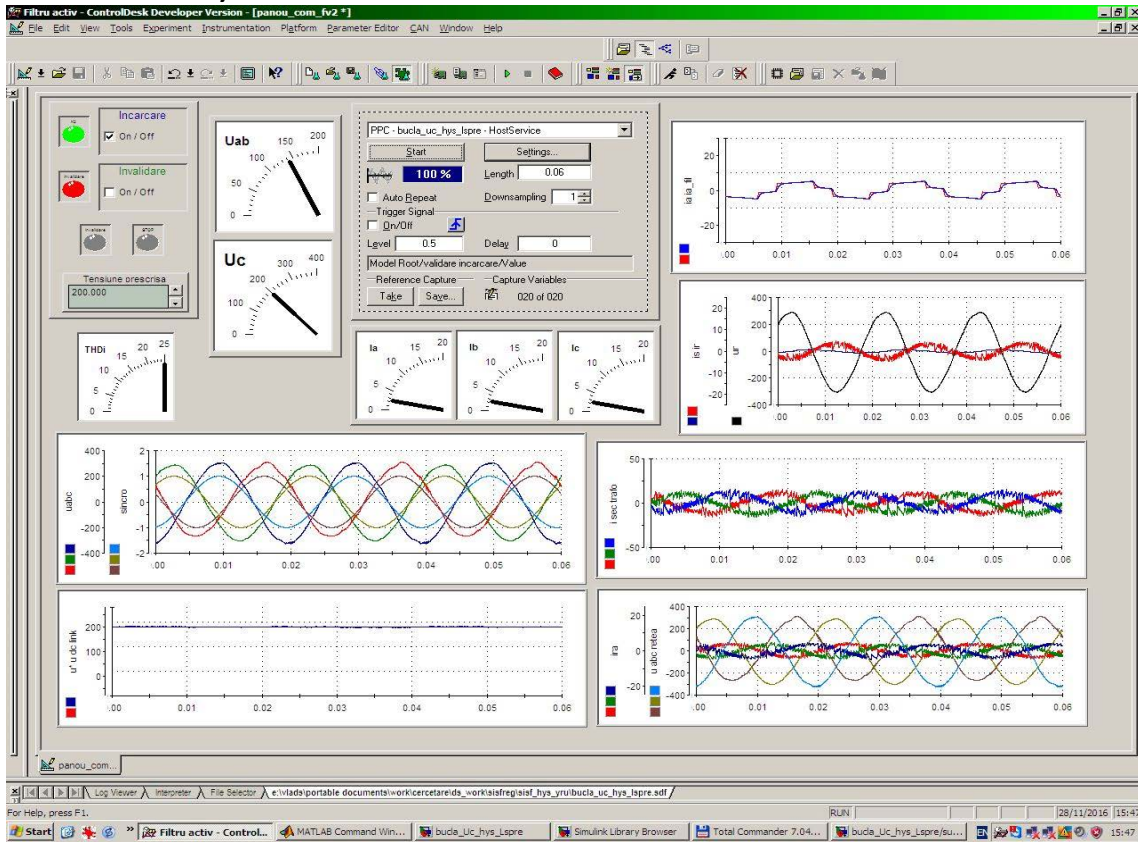
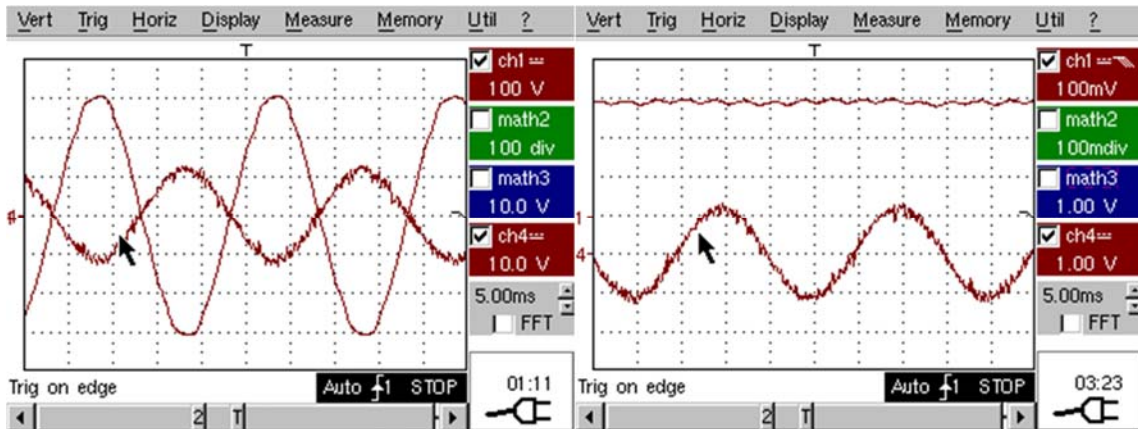


Fig. 4.5. Interfața grafică pentru testarea modelului experimental.



a) b)  
Fig. 4.6. Formele de undă ale tensiunii la rețea și curentului generat-a) și ale curentului pe partea de c.c. și curentului generat-b).

## 5. Domenii de aplicabilitate

- Conectarea la rețea a surselor regenerabile de energie, de tip turbină eoliană sau panouri fotovoltaice.



- ❖ Durata proiectului: 60 luni (08 septembrie 2016 - 07 septembrie 2021)
- ❖ Beneficiar direct: Universitatea din Craiova
- ❖ Beneficiari indirecti: Întreprinderi partenere interesate
- ❖ Valoarea totală: 8.014.653 lei
- ❖ Valoarea totală eligibilă nerambursabilă: 7.082.561 lei
- ❖ Valoarea eligibilă nerambursabilă din FEDR: 5.929.520,07 lei
- ❖ Locația proiectului: Infrastructura de cercetare în științe aplicate (INCESA), Bd. Decebal 107, Craiova

#### ETAPE DE IMPLEMENTARE

- ❖ Diseminarea expertizei, stimularea transferului de cunoștințe și definitivarea temelor de cercetare cu partenerii interesați – L1-L12
- ❖ Instruirea personalului din întreprinderile interesate, în configurarea unei structuri de cercetare și prototipare pentru sisteme inteligente destinate creșterii eficienței energetice – L13-L18
- ❖ Cercetare industrială și dezvoltare experimentală pe bază contractuală, la cererea întreprinderilor interesate și/sau în parteneriat cu acestea – L13-L60

#### CONTACT

- ❖ <http://www.em.ucv.ro/pacetsinefen/>
- ❖ Prof.dr.ing. MIHAELA POPESCU – Director; [mpopescu@em.ucv.ro](mailto:mpopescu@em.ucv.ro)
- ❖ Prof.dr.ing. ALEXANDRU BITOLEANU – Responsabil științific; [alex.bitoleanu@em.ucv.ro](mailto:alex.bitoleanu@em.ucv.ro)

Proiect cofinanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională prin Programul Operațional Competitivitate 2014-2020

Editorul materialului: UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA

..... 2017

Conținutul acestui material nu reprezintă în mod obligatoriu poziția oficială a Uniunii Europene sau a Guvernului României